

 <b>INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO CENTRAL TÉCNICO</b> CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO		Versión: 1.0 EAB: 26/02/2018 - UBV: 22/5/2022
SUSTANTIVO FORMATO CÓDIGO: FOM.0055.04	MACROPROCESO: DE DOCENCIA PROCESO: DE TITULACIÓN DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR / TITULACIÓN TRABAJO FINAL PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR / TITULACIÓN - PROPUESTA TECNOLÓGICA	



# PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR - PROPUESTA TECNOLÓGICA



# **PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR - PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**CARRERA: ELECTRICIDAD**

**TEMA:** IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ORDEÑO MECÁNICO MEDIANTE UN PLC Y UNA PANTALLA HMI PARA LA AUTOMATIZACIÓN ORIENTANDO A MEJORAR LA EFICIENCIA DEL PROCESO DE ORDEÑO EN LA HACIENDA SAN ANTONIO DE VALENCIA (MACHACHI-TUCUSO).

**Elaborado por:**

**JHONATAN RONALDO CARUA SAMBACHI**

**EVELYN CAMILA QUIMBIULCO LAURA**

**Tutor:**

**ING.ROBERTO TOCTAGUANO**

**Fecha:** 02/09/2025

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco profundamente a mi papá por su esfuerzo constante y por enseñarme el valor del trabajo duro; a mi mamá, por su amor incondicional y su apoyo en cada paso de este camino; a mi querida hermanita, por ser mi inspiración diaria y recordarme con su alegría lo importante que es seguir adelante y a nuestro querido tutor el Ing. Roberto Toctaguano por su valiosa guía, paciencia, y compromiso durante el desarrollo de este trabajo.

Con todo mi amor y cariño, gracias por siempre apoyarme.

Evelyn Quimbiulco

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a Dios y a la Virgen por darme la fuerza, a mis padres por ser mi refugio incondicional, a Franklin Carua y Narcisa Sambachi por criarme con valores y aprender a no rendirme, mi papa que se rompió la estada en el trabajo y darnos un futuro y madre por levantarse todas las mañanas, nunca nos faltó un plato de comida, mis hermanos porque gracias a ellos aprendí hacer una persona de ejemplo.

Mis abuelitos paternos y mi abuelita materna que con sus sabios conocimientos me guiaban, tíos que me supieron Dar un consejo que en ese instante no lo comprendía y ahora lo comprendo. De paso a primos, amigos que supieron guiarme y ayudarme en momentos críticos de la vida, que cuando más lo necesitaba supieron darme una mano, a dos personas que tuvieron que partir de este mundo y donde se encuentren me cuidarán, guiarán.

A él ingeniero Jefferson Hidalgo por darme esta frase que me acompaña en mi vida estudiantil, la llevo tanto en mi mente como en mi corazón esta motivación que me recuerda de lo que soy capaz "La disciplina vence a la inteligencia".

Jhonatan Carua

## DEDICATORIA

A mi papá, a mi mamá y a mi hermanita, por ser mi motor, mi apoyo incondicional y mi mayor fuente de fuerza en cada etapa de este camino. Sin ustedes, nada de esto sería posible.

Con todo mi amor y gratitud por todo su apoyo.

Evelyn Quimbiulco

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo con sincero cariño y agradecimiento a mis padres, Narcisa Sambachi y Franklin Carua, por su amor incondicional, su apoyo permanente y por inculcarme, con su ejemplo, la importancia del esfuerzo y la perseverancia.”

A mis profesores de la escuela, colegio y del instituto central técnico por su guía, paciencia y por compartir conmigo no solo conocimiento, sino también la pasión por aprender

A mis amigos, compañeros y primos, por estar presente en los momentos difíciles y en los de celebración

Y finalmente, a mí mismo, por no rendirme confiar en mi capacidad de llegar hasta aquí y por cada noche de estudio convertida hoy en un logro.

Jhonatan Carua

## VALIDACIÓN

Fecha: 22/08/2025



**ING. MARJORIE ANGAMARCA**

**Coordinador de Carrera**



**ING. ROBERTO TOCTAGUANO**

**Tutor**

## APROBACIÓN DEL JURADO



---

**ING.DAVID AGUIRRE**

**Presidente**



---

**ING.ALEXANDER LIQUINCHANA**

**Vocal 1**



---

**ING.ANDREA APOLO**

**Vocal 2**

## Índice de contenidos

CAPÍTULO I .....	16
1.1 Formulación del problema .....	16
1.1    Objetivos .....	16
1.2.1 Objetivo general.....	16
1.2.2 Objetivos específicos.....	16
1.3 Justificación de la propuesta tecnológica.....	17
1.4 Alcance .....	18
CAPÍTULO II .....	20
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	20
2.1 El ordeño automatizado .....	20
2.1.1 Revisión tiempos de ordeño de leche.....	20
2.1.2 Beneficios clave del ordeño automatizado .....	21
2.1.3 Desafíos y consideraciones técnicas.....	22
2.1.4 Integración con PLC y HMI en sistemas automatizados.....	23
2.2 Tipos de sistema de ordeño.....	24
2.2.1 Ordeño Manual .....	24
2.2.2 Ordeño Mecánico .....	24
2.2.3 Hacienda donde se realiza el ordeño automatizado .....	25
2.3 Descripción y selección de elementos necesarios para la implementación del sistema de ordeño automatizado.....	26
2.3.1 Elementos de automatización.....	26
2. 4 ELEMENTOS ELECTRICOS .....	27
2.4.1 TABLERO DE CONTROL.....	27
CAPITULO III .....	41
DESARROLLO.....	41
3.1    Materiales .....	41
3.2    Métodos .....	43

3.3 Diseño del proyecto .....	44
3.3.2 NECESIDADES DEL PERSONAL DE LA HICENDA SOBRE EL ORDEÑO .....	46
3.3.3 PARAMETROS DE PROGRAMACION .....	47
3.3.4 CONDICIONES DEL SISTEMA DE ORDEÑO AUTOMATIZADO .....	47
3.3.5 SITEMA DE ORDEÑO AUTOMATIZADO .....	47
3.3.6 SISTEMA DE ORDEÑO MANUAL .....	53
3.3.7 DIAGRAMA DE CONTROL Y FUERZA DEL MODULO .....	53
3.3.8 Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema ¡Error! Marcador no definido.	
3.3.9 Estructura del subsistema de control..... ¡Error! Marcador no definido.	
3.3.10 Diagrama funcional del sistema de automatización del sistema .....	54
3.3.11 Programación de la pantalla HMI WECON PI3070IG .....	54
CAPÍTULO IV .....	56
ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	56
4.1 Pruebas y resultados .....	56
4.2 Presupuesto .....	61
4.3 Ventajas y desventajas entre ordeño manual y ordeño automatizado.....	62
4.4 Impacto económico .....	63
4.5 Impacto social y ambiental.....	63
4.6 Limitaciones del proyecto.....	64
4.7 Conclusiones .....	64
5. Bibliografía .....	66
6. Anexos .....	69

## Índice de gráficos

Figura 1. <i>Tablero de Control</i> .....	19
---	----

Figura 2. <i>Sistema Hidráulico</i> .....	19
Figura 3. <i>Ordeño automatizado</i> .....	20
Figura 4. <i>Ordeño manual</i> .....	24
Figura 5. <i>Sistema de ordeño automatizado</i> .....	25
Figura 6. <i>Hacienda de ordeño San Antonio de Valencia</i> .....	25
Figura 7. <i>HMI WECOM</i> .....	26
Figura 8. <i>Controlador Lógico Programable (PLC)</i> .....	27
Figura 9. <i>Gabinete metálico servicio liviano</i> .....	28
Figura 10. <i>Guardamotor</i> .....	28
Figura 11. <i>Contactor</i> .....	29
Figura 12. <i>Transformador</i> .....	29
Figura 13. <i>Selector dos posiciones</i> .....	30
Figura 14. <i>Pulsadores rojo y verde</i> .....	31
Figura 15. <i>Relé Auxiliar</i> .....	32
Figura 16. <i>Conductores eléctricos</i> .....	32
Figura 17. <i>Controlador lógico programable (PLC)</i> .....	33
Figura 18. <i>Pantalla HMI Wecon</i> .....	34
Figura 19. <i>Pulsador</i> .....	34
Figura 20. <i>Juego de colector</i> .....	35
Figura 21. <i>Mangueras de ordeño</i> .....	35
Figura 22. <i>Regulador de presión</i> .....	36
Figura 23. <i>Llaves de paso</i> .....	36
Figura 24. <i>Tapa de alcántara</i> .....	37
Figura 25. <i>Alcántara</i> .....	37
Figura 26. <i>Vacuómetro</i> .....	38
Figura 27. <i>Vaso lubricador</i> .....	38
Figura 28. <i>Bomba de vacío</i> .....	39
Figura 29. <i>Tablero de funcionamiento</i> .....	46
Figura 30. <i>Equipos necesarios para la automatización</i> .....	47
Figura 31. <i>Programación Ladder</i> .....	48
Figura 32. <i>Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema</i> .....	48

Figura 33. <i>Configuración de parámetros y estados</i> .....	50
Figura 34. <i>Configuración de parámetros y estados</i> .....	50
Figura 35. <i>Configuración de parámetros y estados</i> .....	51
Figura 36. <i>Configuración de parámetros y estados</i> .....	52
Figura 37. <i>Configuración de parámetros y estados</i> .....	52
Figura 38. <i>Alarmas pantalla HMI</i> .....	53
Figura 39. <i>Diagrama de control y fuerza</i> .....	53
Figura 40. <i>Diagrama funcional del sistema de automatización</i> .....	54
Figura 41. <i>Pantalla Principal</i> .....	55
Figura 42. <i>Comparación de tiempos de ordeño</i> .....	59

## Índice de tablas

TABLA 1. <i>Comparación ordeño tradicional vs automatizado</i> .....	22
TABLA 2. <i>Característica del transformador DRL-24V120W1EN</i> .....	30
TABLA 3. <i>Características motor monofasico</i> .....	39
TABLA 4. <i>Métodos aplicados en el desarrollo del sistema automatizado de ordeño</i> .....	¡Error! Marcador no definido.
TABLA 5. <i>Lista de materiales</i> .....	41
TABLA 6. <i>Prueba de tiempos de ordeño</i> .....	59
TABLA 7. <i>Funcionamiento de los equipos utilizados</i> .....	¡Error! Marcador no definido.
TABLA 8. <i>Inversión sistema de ordeño</i> .....	61
TABLA 9. <i>Ventajas y desventajas entre ordeño manual y automatizado</i> .....	63

## Índice de ecuaciones

Ecuacion 1. <i>Potencia eléctrica a la entrada</i> .....	45
Ecuación 2. <i>Corriente del motor</i> .....	45

Ecuacion 3. Corriente del breaker .....	45
Ecuacion 4. Corriente del guardamotor .....	45
Ecuacion 5. Corriente en el contactor .....	45

## RESUMEN

La automatización en el ámbito agropecuario ha experimentado un notable progreso en los últimos años, contribuyendo al aumento de la productividad y a la optimización de los procesos convencionales.”.

En este marco, el presente estudio se centra en la aplicación de un sistema de ordeño mecánico automatizado, controlado mediante un Controlador Lógico Programable (PLC) y una Interfaz Hombre-Máquina (HMI), con el propósito de optimizar el proceso de ordeño en la Hacienda San Antonio, situada en Quito, Ecuador.

El proyecto incluye el diseño, desarrollo e implementación de un sistema capaz de controlar con precisión y seguridad las diferentes etapas del ordeño, reduciendo la intervención manual y asegurando la calidad del producto final. Además, se elaboraron diagramas de flujo, tablas técnicas y un presupuesto detallado para la correcta selección y adquisición de los materiales requeridos.

El Capítulo 1 identifica el problema del ordeño manual en la Hacienda San Antonio de Valencia (Machachi-Tucuso), el cual genera esfuerzo físico, consumo de tiempo y riesgo de contaminación de la leche. Se propone un sistema de ordeño mecánico automatizado con PLC y HMI para mejorar la eficiencia, reducir errores humanos y garantizar la calidad del producto. Se presentan los propósitos, la fundamentación del proyecto y su alcance, destacando la implementación del tablero de control, la programación del PLC, la interfaz HMI y el sistema hidráulico, asegurando la automatización completa del proceso de ordeño y su almacenamiento higiénico.

El Capítulo 2 aborda la fundamentación teórica del ordeño automatizado, explicando su funcionamiento mediante PLC y HMI, así como sensores para monitoreo de producción y salud del ganado. Se destacan sus beneficios: mayor eficiencia, incremento de la frecuencia de ordeño, reducción del estrés animal y disminución de la manipulación humana. Además, se presentan los elementos necesarios para la implementación del sistema (tablero de control, transformadores, pulsadores, relés, conductores) y el marco normativo que asegura calidad de leche e higiene, así como seguridad eléctrica.

El Capítulo 3 la creación y puesta en funcionamiento del sistema de ordeño automatizado en la Hacienda San Antonio de Valencia, detallando los equipos y materiales (PLC, HMI, colectores, mangueras, bomba de vacío y elementos eléctricos) y los métodos aplicados (científico, cuantitativo, experimental y analítico-sintético). Se incluyen el diseño del proyecto, programación del PLC y HMI, parámetros de operación y diagramas de control que garantizan un ordeño eficiente, seguro y monitoreado.

Finalmente, en el capítulo 4 se verificó que el sistema de ordeño automatizado con PLC y HMI funciona correctamente, controlando todos los equipos y secuencias de operación. La implementación optimizó el tiempo de ordeño, mejoró la higiene, redujo la mano de obra y aumentó la eficiencia.

Palabras clave

Automatizado, PLC, HMI, Ordeño, tiempos.

## ABSTRACT

Automation in the agricultural sector has evolved significantly in recent years, driving improvements in the productivity and efficiency of traditional processes.

In this context, this project focuses on the implementation of an automated mechanical milking system using a Programmable Logic Controller (PLC) and a Human Machine Interface (HMI) display, aimed at optimizing the milking process at Hacienda San Antonio, located in Quito, Ecuador.

The project involves the design, development, and implementation of a system that controls the milking stages accurately and safely, minimizing manual intervention and ensuring the quality of the final product. Flowcharts, technical tables, and a detailed budget were developed for the selection and procurement of the necessary materials.

Chapter 1 identifies the problem of manual milking at the San Antonio de Valencia Farm (Machachi-Tucuso), which generates physical effort, time consumption, and risks milk contamination. An automated mechanical milking system with PLC and HMI is proposed to improve efficiency, reduce human error, and ensure product quality. The objectives, project justification, and scope are presented, highlighting the implementation of the control panel, PLC programming, HMI interface, and hydraulic system, ensuring complete automation of the milking process and hygienic storage.

Chapter 2 addresses the theoretical foundation of automated milking, explaining its operation using PLC and HMI, as well as sensors for monitoring production and cattle health. Its benefits are highlighted: increased efficiency, increased milking frequency, reduced animal stress, and reduced human handling. In addition, the elements necessary for system implementation (control panel, transformers, pushbuttons, relays, conductors) and the regulatory framework that ensures milk quality and hygiene, as well as electrical safety, are presented.

Chapter 3 presents the development and implementation of the automated milking system at Hacienda San Antonio de Valencia, detailing the equipment and materials (PLC, HMI, collectors, hoses, vacuum pump, and electrical components) and the methods applied (scientific, quantitative, experimental, and analytical-synthetic). The project design, PLC and HMI programming, operating parameters, and control diagrams are included, ensuring efficient, safe, and monitored milking.

Finally, Chapter 4 verified that the automated milking system with PLC and HMI functions correctly, controlling all equipment and operating sequences. The implementation optimized milking time, improved hygiene, reduced labor, and increased efficiency.

#### Keywords

Automated, PLC, HMI, Milking, times.

## **CAPÍTULO I**

### **1.1 Formulación del problema**

Actualmente, muchas haciendas dedicadas a la producción lechera en el sector rural del Ecuador aún utilizan métodos manuales para el proceso de ordeño, lo cual representa una desventaja en términos de eficiencia, tiempo y calidad del producto.

La Hacienda San Antonio de Valencia, ubicada en la parroquia de Machachi - Tucuso cantón Mejía provincia de Pichincha, no escapa de esta realidad. El ordeño manual que se realiza diariamente implica un esfuerzo físico considerable para los trabajadores, un mayor tiempo por cada jornada, y una posibilidad constante de contaminación de la leche debido a la falta de uniformidad en los procedimientos.

Por lo tanto, se propone implementar un sistema de ordeño mecánico que integre tecnologías de automatización como un PLC (Controlador Lógico Programable) y una pantalla HMI (Interfaz Hombre-Máquina), con el fin de mejorar la eficiencia del proceso, reducir los errores humanos, optimizar el tiempo de producción y garantizar una mayor calidad e higiene en el producto final.

### **1.1 Objetivos**

#### **1.2.1 Objetivo general**

Implementar un sistema automatizado de ordeño mecánico mediante un PLC y una HMI para mejorar la eficiencia y seguridad del proceso de ordeño en la Hacienda San Antaño de Valencia (Machachi-Tucuso).

#### **1.2.2 Objetivos específicos**

1. Investigar los fundamentos técnicos de los sistemas de ordeño mecánico mediante su aplicación con tecnologías de automatización como PLC y HMI, para establecer los criterios de diseño del sistema.

2. Analizar las condiciones actuales del proceso de ordeño en la Hacienda San Antonio de Valencia (Machachi–Tucuso), mediante la identificación de debilidades operativas, tiempos empleados en el ordeño y las necesidades específicas de automatización, para establecer una base técnica que justifique la implementación de un sistema automatizado.
3. Implementar un sistema automatizado de ordeño mecánico mediante el uso de un PLC y una pantalla HMI, para ser adaptado a las condiciones reales de la hacienda.
4. Realizar la prueba de funcionamiento del sistema implementado, mediante la verificación del control de los dispositivos, la interacción con el operario a través de la HMI y la respuesta del sistema ante distintos escenarios de operación, para asegurar su correcto desempeño y eficiencia en el proceso de ordeño.
5. Realizar conclusiones técnicas y emitir recomendaciones basadas en los resultados obtenidos durante el desarrollo e implementación del sistema automatizado de ordeño mecánico mediante PLC y HMI en la Hacienda San Antonio de Valencia, con el fin de mejorar su funcionamiento y aportar propuestas de mejora para futuras aplicaciones.

### **1.3 Justificación de la propuesta tecnológica**

La implementación de un sistema de ordeño mecánico automatizado mediante un PLC y una pantalla HMI en la Hacienda San Antonio de Valencia (Machachi–Tucuso) representa una solución práctica y eficiente para mejorar el proceso de ordeño. Actualmente, muchas actividades en el sector ganadero se ejecutan manualmente, lo que conlleva un mayor consumo de tiempo, esfuerzo físico elevado y un incremento en la posibilidad de errores humanos

Con este proyecto se busca optimizar el tiempo del ordeño, reducir la fatiga del personal y mejorar la higiene del proceso, factores que inciden directamente en la calidad de la leche. El uso de un PLC permite controlar de manera precisa los equipos involucrados, mientras que la pantalla HMI facilita la supervisión y operación del sistema por parte del usuario.

Además, esta automatización permitirá tener en menor tiempo el ordeño, así se irá disminuyendo interrupciones y mejorando la productividad diaria. Al tratarse de un sistema tecnológico adaptable, también se abre la posibilidad de aplicarlo en otras haciendas con condiciones similares, aportando al desarrollo del sector agropecuario en la región.

En resumen, el proyecto ofrece ventajas como: ahorro de tiempo, mejora en la eficiencia operativa, reducción de errores humanos, aumento en la calidad del producto y facilidad de operación, justificando así su desarrollo e implementación como una propuesta útil y necesaria, por lo tanto, este proyecto es viable.

#### **1.4 Alcance**

Durante este proyecto se obtendrá un sistema de ordeño mecánico automatizado, controlado mediante un PLC y supervisado por medio de una pantalla HMI, instalado y funcionando en la Hacienda San Antonio de Valencia, ubicada en Machachi-Tucuso.

El proyecto incluirá la implementación, la programación del PLC, el diseño de la interfaz en la HMI, y materiales como el tablero de control, sistema del ordeño mecánico, bomba de vacío, etc.

El sistema permitirá una automatización completa del proceso de ordeño automatizado controlando la cantidad de leche que puede producir la vaca por día de manera precisa. Utilizando el (PLC) y la pantalla (HMI), por estos medios se pueden ajustar y monitorear diversos parámetros del ordeño como la cantidad y horarios que requiera.

El sistema de ordeño automatizado tendrá un tablero de control que en su interior encontraremos un PLC, convertidor 110V a 24V, relé térmico, cables eléctricos, guardamotor y en la parte frontal se utilizará la pantalla HMI, selector, pulsador de marcha/paro. (FIGURA 1).

**Figura 1.** *Tablero de Control*



*Fuente: Propia*

La parte hidráulica del sistema de ordeño mecánico está compuesta por las unidades de ordeño (pezoneras y colector) que conducen la leche mediante mangueras hacia la línea principal de tuberías, las cuales dirigen el fluido hacia la trampa de leche para evitar que llegue a la bomba de vacío; desde allí, la bomba de leche impulsa el líquido a través del sistema de filtrado hasta el tanque de almacenamiento y enfriamiento, donde se conserva en condiciones higiénicas y a baja temperatura para garantizar su calidad. (Figura 2)

**Figura 2.** *Sistema Hidráulico*



*Fuente: Propia*

## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 2.1 El ordeño automatizado

El ordeño automatizado se refiere a sistemas robotizados o semiautomatizados que permiten realizar el ordeño de forma autónoma o con mínima intervención humana. Estos sistemas detectan automáticamente cuándo una vaca se acerca al módulo, colocan las pezoneras, realizan el ciclo de succión, y se liberan cuando el flujo de leche cae por debajo de un umbral programado. (Figura 3)

**Figura 3.** *Ordeño automatizado*



*Fuente: Propia*

##### 2.1.1 Revisión tiempos de ordeño de leche

El sistema de ordeño automatizado ha experimentado un notable avance en las últimas décadas debido a los progresos en mecánica, electrónica y control automático, transformándose en una herramienta clave para la eficiencia productiva en la industria lechera.

Tradicionalmente, el ordeño se realizaba de forma manual, lo que demandaba un alto esfuerzo físico, tiempo y presentaba riesgos de contaminación; posteriormente surgieron los sistemas mecánicos convencionales, que incorporaron bombas de vacío, pulsadores y unidades de ordeño, permitiendo mejorar la extracción de leche y reducir la carga laboral.

Sin embargo, el desarrollo tecnológico más relevante en los últimos años ha sido la automatización mediante controladores lógicos programables (PLC) y pantallas de interfaz hombre-máquina (HMI), los cuales permiten supervisar y controlar el proceso en tiempo real, optimizando parámetros como la presión, el tiempo de pulsado, el flujo de leche y las condiciones de almacenamiento.

Adicionalmente, algunos sistemas modernos integran sensores para la identificación individual del animal, medición de la producción de cada ordeño, monitoreo de la salud de la ubre e incluso conexión con bases de datos para la gestión de la hacienda.

Estos avances no solo incrementan la productividad y la calidad de la leche, sino que también mejoran el bienestar animal y reducen la dependencia de mano de obra intensiva, consolidando así al ordeño automatizado como una tendencia indispensable en el sector lechero moderno.

Existe el ordeño voluntario que es cuando, las vacas ingresan cuando lo requieren, impulsadas por su propio ritmo productivo y comportamiento natural.

El control automatizado de flujo es cuando activan o detienen automáticamente el ciclo de ordeño según parámetros establecidos.

La higienización automatizada en algunos sistemas incluye lavado y desinfección de pezoneras antes y después del ordeño, reduciendo la mastitis.

### **2.1.2 Beneficios clave del ordeño automatizado**

Mayor eficiencia productiva que permite ordeñar más vacas en menos tiempo y aumentar la frecuencia (hasta 3–4 ordeños diarios por vaca), lo que puede incrementar la producción en alrededor del 10-15 %, el bienestar animal mejorado, el ordeño voluntario y la ausencia de horarios rígidos reducen el estrés, mejoran la salud de la ubre y favorecen el confort general del ganado, monitoreo individualizado y datos en tiempo real cada vaca se rastrea en cuanto a producción diaria, frecuencia de ordeño, posibles signos de enfermedades (como mastitis) y comportamiento, facilitando decisiones informadas.

Estudios muestran una reducción de hasta un 50 % del tiempo dedicado al ordeño y lavado en sistemas tradicionales, liberando al personal para otras tareas y mejorando la conciliación laboral.

Al minimizar la manipulación humana y mantener procesos uniformes de limpieza, la leche tiene menor riesgo de contaminación, aunque algunos indicadores como recuento de células somáticas pueden variar.

### **2.1.3 Desafíos y consideraciones técnicas**

Los sistemas de ordeño requieren una infraestructura adecuada y representan una inversión elevada, generalmente rentable en explotaciones medianas o grandes. Los sistemas de ordeño trabajan continuamente todo el año, lo que implica mayor desgaste y necesidad de mantenimiento frecuente; suelen requerir técnicos especializados.

Las vacas deben habitualmente entrenarse y acostumbrarse al sistema automatizado, lo cual puede implicar una transición de días o semanas con alguna afectación temporal en producción.

Cada sistema tiene un número máximo de ordeños diarios: si se sobrepasa esa capacidad puede ocurrir congestión de animales y fallas operativas.

**TABLA 1.** *Comparación ordeño tradicional vs automatizado.*

Aspecto	Ordeño Tradicional/Automatizado	Ordeño automatizado
Frecuencia de ordeño	2 veces por día	Hasta 2-4 veces por vaca al día.
Producción diaria por vaca	30 kg	32-35 kg incremento del 10-15 por ciento.
Bienestar animal	Rutina fija, estrés	Libertad, menor estrés, seguimiento individual
Mano de obra	Mano de obra manual intensa	Supervisión mínima personal como gestor del sistema.
Registro y monitoreo	Limitado	Datos por vaca, alertas sanitarias, análisis detallado.
Costo inicial	Bajo/moderado	Elevado, pero amortización posible en grandes rebaños.
Mantenimiento	Moderado	Intensivo y técnico.

*Fuente: Propia*

#### 2.1.4 Integración con PLC y HMI en sistemas automatizados

El ordeño automatizado mediante PLC y HMI representa una versión modular del robot completo, combinando control automatizado, registro de datos y supervisión el PLC recibe señales, ejecuta la lógica de ciclo y controla bombas o válvulas, HMI permite monitoreo en tiempo real, ajustes de parámetros, visualización de alarmas, acceso a históricos de producción y la comunicación utiliza protocolos estándar para enlazar PLC y HMI, e incluso conectarse a sistemas de nube o análisis avanzado.

## 2.2 Tipos de sistema de ordeño

### 2.2.1 Ordeño Manual

El método tradicional es la extracción manual de leche mediante movimientos rítmicos y suaves del pezón hacia abajo, generalmente con un balde o recipiente básico.

Las técnicas específicas abarcan totalmente el pezón con la mano aplicando presión uniforme, ideal para vacas con pezones grandes; es rápido y eficiente. (Figura 4)

**Figura 4.** *Ordeño manual*



*Fuente: Opción Rural. (2020, 25 de junio). Rutina de ordeño.*

### 2.2.2 Ordeño Mecánico

Se realiza con máquinas de succión que imitan la acción del ternero: vacío más pulsaciones alternadas para extraer la leche sin dañar el pezón ni el tejido mamario, requiere instalaciones adaptadas, y el buen funcionamiento depende del diseño, limpieza, perfil de vaca y experiencia del operador. (Figura 5)

**Figura 5.** Sistema de ordeño automatizado



*Fuente: Propia*

### 2.2.3 Hacienda donde se realiza el ordeño automatizado

**Figura 6.** Hacienda de ordeño San Antonio de Valencia



*Fuente: Propia*

2.3 Descripción y selección de elementos necesarios para la implementación del sistema de ordeño automatizado.

### 2.3.1 Elementos de automatización

#### 2.3.1.1 PANTALLA HMI (Interfaz Hombre - Maquina) WECOM PI3070IG

La pantalla HMI WECOM puede monitorear y controlar procesos de alta complejidad, facilitando el control de rendimiento de procesos industriales.

La HMI es un dispositivo que permite al operador interactuar con el sistema automatizado de manera sencilla y visual. En sistemas de ordeño automatizados, la HMI muestra parámetros críticos como presión de vacío, duración del ciclo, alarmas de mantenimiento, producción por vaca y estadísticas históricas.

Además, facilita el ajuste de parámetros en tiempo real, mejorando la adaptabilidad del sistema a diferentes condiciones de operación y perfiles individuales del ganado. Las HMI modernas suelen contar con pantallas táctiles a color, comunicación vía Ethernet o protocolos industriales, y capacidad para integración con sistemas SCADA o bases de datos en la nube. (Figura 7).

**Figura 7.** HMI WECOM



*Fuente: Wecon Technology. (s. f.). PI3000i Series HMI.*

### 2.3.1.2 Controlador Lógico Programable (PLC). MODEL DVP14SS211T

Este modelo forma parte de la segunda generación de controladores lógicos programables PLC tipo slim de Delta, diseñados para ofrecer un control secuencial eficiente con respuesta rápida y capacidades avanzadas de monitoreo en tiempo real. (Figura 8).

**Figura 8.** Controlador Lógico Programable (PLC)



*Fuente: Propia*

## 2. 4 ELEMENTOS ELECTRICOS

### 2.4.1 TABLERO DE CONTROL

#### 2.4.1.1 GABINETE METALICO SERVICIO LIVIANO

Se utilizará un gabinete metálico para ubicar los equipos que vamos a utilizar como el PLC, HMI, protecciones eléctricas y de control, fuentes de alimentación, conexiones eléctricas. (Figura 9)

**Figura 9.** *Gabinete metálico servicio liviano*



*Fuente: Propia*

#### **2.4.1.2 Guardamotor**

Es un dispositivo para proteger motores eléctricos contra fallas como sobrecargas, cortocircuitos y sobre corrientes, desconectando el motor automáticamente para evitar daños y asegurar la seguridad del equipo y las personas. (Figura 10)

**Figura 10.** *Guardamotor*



*Fuente: Propia*

### 2.4.1.3 Contactor

Es un dispositivo de protección que ofrece un corte eficiente. Mejorando la seguridad y eficiencia en la instalación de motores eléctricos (Figura 11).

**Figura 11.** *Contactor*



*Fuente: Propia*

### 2.4.1.4 Transformador fuente de poder de 24 a 110V

El transformador cumple con la función de seguridad, ya que permite adaptar el voltaje a niveles adecuados para que los equipos eléctricos y electrónicos trabajen sin riesgo de daños y, al mismo tiempo, protege a los operadores al reducir la posibilidad de accidentes eléctricos. Además, al aislar eléctricamente el circuito primario del secundario, contribuye a la seguridad del sistema y a la estabilidad en el suministro de energía. (Figura 12)

**Figura 12.** *Transformador*



*Fuente: Propia*

**TABLA 2.** Característica del transformador DRL-24V120W1EN

Características centro de carga	
MODEL	DRL-24V120W1EN
INPUT	100-240V -2.5 A-50-60HZ
OUTPUT	24V – 5 A
REV	01.3
S/N	E124120EN0244701JHG

*Fuente: Propia*

#### 2.4.1.4 Selector 2 posiciones plástico

Utilizado para proporcionar información de dos posiciones diferentes que contiene un contacto normalmente abierto, lo que nos ayuda a la visualización de la selección actual, este tipo de selectores es muy utilizado en los sistemas de control y automatización. (Figura 13)

**Figura 13.** Selector dos posiciones

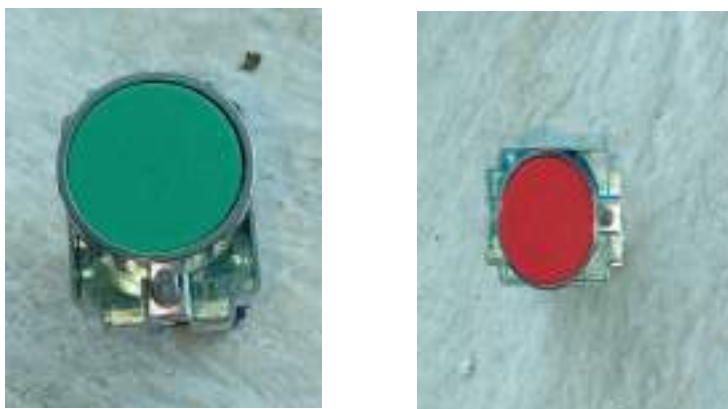


*Fuente: Propia*

#### **2.4.1.5 Pulsadores**

Dispositivo eléctrico de acción momentánea que permite activar o desactivar un circuito. (Figura 14).

**Figura 14.** *Pulsadores rojo y verde.*



*Fuente: Propia*

### 2.4.1.6 Relé Auxiliar

Utilizaremos para la protección eléctrica que interrumpe el funcionamiento de un motor o circuito cuando detecta un exceso de corriente o sobrecalentamiento, evitando daños por sobrecarga. (Figura 15)

**Figura 15.** *Relé Auxiliar*



*Fuente: Propia*

### 2.4.1.7 Conductores Eléctricos

Los conductores eléctricos son materiales que facilitan el paso de la corriente eléctrica con una resistencia mínima. Debido a su elevada conductividad, resultan fundamentales en múltiples aplicaciones eléctricas y electrónicas. (Figura 16).

**Figura 16.** *Conductores eléctricos*



*Fuente: Ecozaque Ingeniería S.A.S. (2023, 31 de julio).*

#### **2.4.1.8 Controlador Lógico Programable (PLC).**

El PLC (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo electrónico programable que se emplea para la automatización de procesos industriales. Su función principal consiste en recibir señales de entrada provenientes de sensores o de dispositivos de control manual (como pulsadores o finales de carrera), procesarlas según una lógica definida previamente mediante un software de programación, y emitir señales de salida hacia actuadores, como electroválvulas, motores, alarmas, etc. (Figura 17)

**Figura 17.** Controlador lógico programable (PLC)



*Fuente: Propia*

#### **2.4.1.9 PANTALLA HMI (Interfaz Hombre - Maquina) WECOM PI3070IG**

La HMI (Interfaz Hombre-Maquina) es una pantalla táctil o de botones que permite al usuario interactuar con el sistema automatizado de forma visual y amigable. A través de la HMI, el operario puede iniciar o detener procesos, visualizar parámetros como tiempo de ordeño, nivel de vacío, ciclos realizados, y recibir alertas o fallos del sistema. (Figura 18).

**Figura 18.** *Pantalla HMI Wecon*



*Fuente: Wecon Technology. (s. f.). PI3000i Series HMI.*

#### **2.4.1.10 Pulsadores**

Dispositivos de entrada que permiten al operario iniciar o detener procesos de manera manual, ubicado en el panel de control o tablero eléctrico. (Figura 19).

**Figura 19.** *Pulsador*



*Fuente: ShopCorp. (s. f.). Interruptores Botones Pulsador Estación*

#### **2.4.1.11 Juego de colector**

Conjunto que recibe la leche extraída y la distribuye hacia el sistema de recolección, unido a las mangueras de ordeño y ubicado debajo de la vaca. (Figura 20).

**Figura 20.** *Juego de colector*



*Fuente: Ganadería.com. (s. f.). Colector de ordeño MC53.*

#### **2.4.1.12 Mangueras de ordeño**

Conductos flexibles que transportan la leche desde las pezoneras hasta el colector, son conectadas entre las pezoneras, el colector y la salida al tanque. (Figura 21).

**Figura 21.** *Mangueras de ordeño*



*Fuente: AliExpress. (s. f.). Producto de AliExpress.*

#### **2.4.1.13 Regulador de Presión**

Dispositivo que regula la presión del sistema de vacío, protegiendo la ubre del animal, va antes del colector, entre la bomba de vacío y el sistema de ordeño. (Figura 22).

**Figura 22.** *Regulador de presión*



*Fuente: Suplagro. (s. f.). Pulsador para ordeñadora neumático L80 para vacas.*

#### **2.4.1.14 Llaves de paso**

Válvulas manuales que permiten o interrumpen el paso del vacío o leche, en el trayecto de las mangueras, cerca del colector o bomba. (Figura 23).

**Figura 23.** *Llaves de paso*



*Fuente: RoalFlux. (s. f.). Llave nariz mariposa 1/2".*

#### **2.4.1.15 Tapa de alcántara con empaque**

Cubre herméticamente el recipiente de leche, evitando pérdidas de vacío está ubicado sobre el recipiente alcántara. (Figura 24)

**Figura 24.** *Tapa de alcántara*



*Fuente: Propia*

#### **2.4.1.16 Alcántara de 30 litros**

Recipiente donde se almacena la leche ordeñada, va después del colector. (Figura 25).

**Figura 25.** *Alcántara*



*Fuente: Ganadería.com. (s. f.). Sistema de ordeño a cántara BMS.*

#### **2.4.1.17 Vacuómetro**

Instrumento que mide el nivel de vacío en el sistema. Cercano al regulador de presión y bomba de vacío. (Figura 26).

**Figura 26.** *Vacuómetro*



*Fuente: Plusagro. (s. f.). Vacuómetro.*

#### **2.4.1.18 Vaso Lubricador**

Componente del sistema neumático que lubrica el aire comprimido que pasa por la línea. Línea de entrada hacia válvulas o cilindros neumáticos, si se utilizan. (Figura 27)

**Figura 27.** *Vaso lubricador*



*Fuente: Plusagro. (s. f.). Tarro del lubricador.*

#### **2.4.1.19 Bomba de vacío (460 litros/min)**

Motor que genera el vacío necesario para la succión de leche. Inicio del circuito de vacío, conectada al sistema principal. (Figura 28)

**Figura 28.** *Bomba de vacío*



*Fuente: Propia*

##### **2.4.1.19.1 Características de bamba de vacío (460l/min).**

**TABLA 3.** *Características motor monofasico*

CARACTERISTICAS MOTOR MONOFASICO	
SERIE	Q2 A-25
TENSION	115-230V
CORRIENTE CON CARGA	210/105 <sup>a</sup>
VEL.ROTACION	11.15
POTENCIA	1433W
CORRIENTE AL VACIO	45 <sup>a</sup>
TEMPERATURA	40GRADOS

*Fuente: Propia*

## **2.5 Marco Normativo**

El marco normativo que rige la implementación de sistemas de ordeño automatizado se fundamenta en normas de calidad e higiene de la leche (ISO 5707 e ISO 6690), en la normativa INEN del Ecuador y en reglamentos de seguridad eléctrica internacionales (NEC, IEC), los cuales establecen requisitos de diseño, operación y protección de equipos, asegurando que el proceso se realice bajo condiciones higiénicas, seguras y eficientes.

## CAPITULO III

### DESARROLLO

#### 3.1 Materiales

**Tabla 5.** *Lista de materiales*

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1	PLC	UNIDAD	1
2	PANTALLA HMI WECON	UNIDAD	1
3	TRANSFORMADOR	UNIDAD	1
4	PULSADOR	UNIDAD	1
5	JUEGO COMPLETO DE COLECTOR	UNIDAD	1
6	MANGUERAS DE ORDEÑO COMPLETAS	UNIDAD	1
7	REGULADOR DE PRESION	UNIDAD	1
8	LLAVES DE PASO	UNIDAD	1
9	TAPA DE ALCANTARA	UNIDAD	1
10	ALCANTARA 30 L	UNIDAD	1
11	VACUOMETRO	UNIDAD	1
12	VASO LUBRICADOR	UNIDAD	1
13	BOMBA DE VACIO	UNIDAD	1
14	MOTOR	UNIDAD	1
15	SELECTOR	UNIDAD	1
16	TABLERO DE CONTROL	GLOBAL	1
17	CABLES ELECTRICOS	GLOBAL	1
18	RELE TERMICO	UNIDAD	1
19	GUARDAMOTOR	UNIDAD	1

*Fuente: Propia*

### 3.2 Métodos

Con miras al desarrollo y puesta en funcionamiento del sistema de ordeño mecánico automatizado en la Hacienda San Antonio, se emplearon diversos métodos científicos y técnicos que permitieron abordar de manera integral el problema de ineficiencia en el proceso tradicional.

En primer lugar, se utilizó el método científico, el cual constituye la base para todo el proyecto. Este método permitió observar detalladamente el proceso actual de ordeño, identificar problemas como la ineficiencia y los errores manuales, formular el problema de investigación y plantear una hipótesis relacionada con la mejora del proceso mediante la automatización. Posteriormente, se experimentó con la implementación del sistema automatizado y se analizaron los resultados obtenidos.

El método cuantitativo fue fundamental para medir variables objetivas, como el tiempo requerido para realizar el ordeño antes y después de la automatización, el volumen de leche recolectada y la reducción de errores o fallas en el proceso. Estos datos permitieron evaluar de forma precisa la efectividad del sistema implementado.

Además, se aplicó el método experimental, ya que se intervino directamente en el sistema tradicional mediante la incorporación de tecnología nueva, manipulando variables relacionadas con la automatización y comparando resultados con el método convencional.

Finalmente, el método analítico-sintético se utilizó para descomponer el sistema en sus componentes principales, analizar detalladamente cada parte, y luego sintetizar esta información para comprender el funcionamiento integral del sistema automatizado.

**TABLA 4.** *Métodos aplicados en el desarrollo del sistema automatizado de ordeño.*

<b>Método</b>	<b>Descripción</b>	<b>Aplicación en el proyecto</b>
<b>Método Científico</b>	Observación, planteamiento del problema, formulación de hipótesis, experimentación y análisis.	Identificación de problemas en el ordeño tradicional y pruebas con el sistema automatizado.
<b>Método Cuantitativo</b>	Medición y análisis numérico de variables relacionadas con el proceso.	Evaluación de tiempos de ordeño, volumen de leche y reducción de errores.
<b>Método Experimental</b>	Intervención directa en el proceso, manipulando variables para observar cambios y efectos.	Implementación del sistema PLC-HMI y comparación con el método tradicional.
<b>Método analítico-sintético</b>	Descomposición y análisis de las partes del sistema, seguido de su integración para comprensión total	Análisis de componentes del sistema y síntesis del funcionamiento general.

*Fuente: Propia*

### 3.3 Diseño del proyecto

#### Justificación técnica de la selección del motor (2 HP)

El motor elegido para la bomba de vacío es un motor monofásico Electromex de 2,0 HP (1,492 kW), 1715 rpm, eficiencia 75,5 % y corriente de placa 10,5 A a 230 V. Con la eficiencia indicada, la potencia eléctrica de entrada aproximada es 1,98 kW.

Los cálculos de requerimiento del sistema (vacío de 48 kPa, caudal corregido por altitud, eficiencia de bomba 50 % y eficiencia del motor 85 %) muestran que para 1 estación se requiere 1,06 kW. El motor de 1,492 kW proporciona 41 % de margen sobre ese requisito, lo que garantiza desempeño frente a la reducción de capacidad en altura, picos por limpieza y fugas, y ofrece margen para una expansión inmediata a 2 estaciones en condiciones controladas.

#### **Ecuacion 1. Potencia eléctrica a la entrada**

$$P_{in} = \frac{P_{out}}{n} = \frac{1,492}{0,755} = 1,976 \text{ kw}$$

#### **Ecuación 2. Corriente del motor**

$$I = \frac{P}{V \cdot FP} = \frac{1492}{220 \cdot 0,75 \cdot 0,9} =$$
$$I = 10,04 \text{ A}$$

#### **Ecuacion 3. Corriente del breaker**

$$I = I_n \cdot I$$
$$I = 2,5 \times 10,04$$
$$I = 25,10 \text{ A}$$

#### **Ecuacion 4. Corriente del guardamotor**

$$I = I \times 1,15$$
$$I = 10,04 \times 1,15$$
$$I = 11,54 \text{ A}$$

#### **Ecuacion 5. Corriente en el contactor**

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \alpha \cdot n}$$

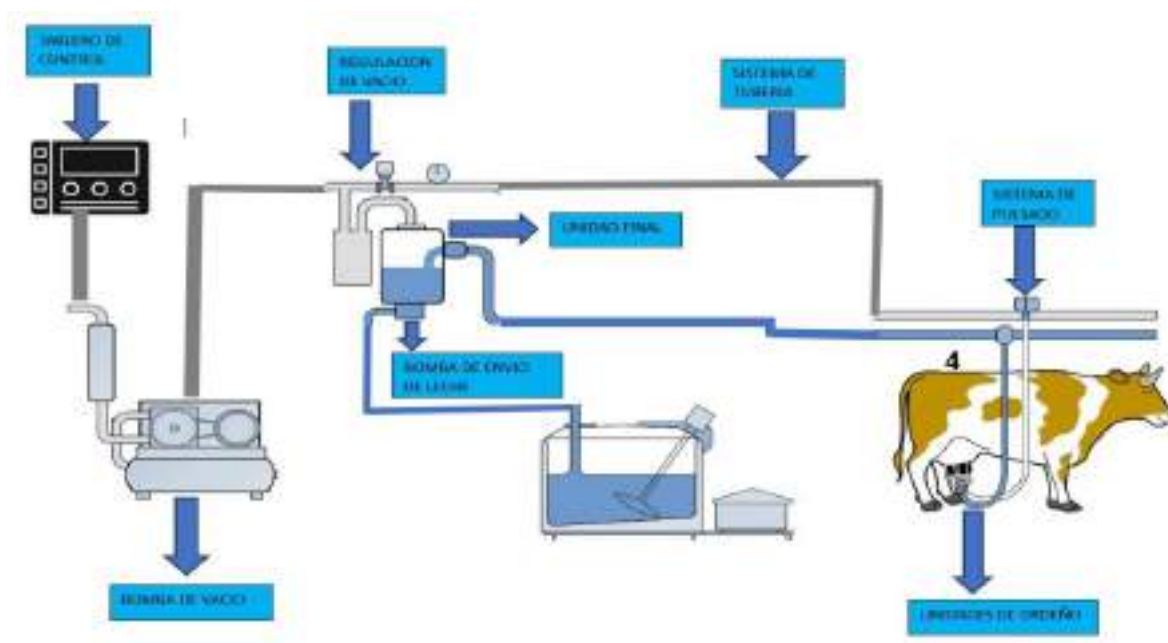
$$I = \frac{1492}{220 \cdot 0,9 \cdot 0,85}$$

$$I = \frac{1492}{168,3} = 8,87 A$$

### 3.3.1 Diseño de funcionamiento

Sistema y síntesis del funcionamiento en general. (Figura 29)

Figura 29. Tablero de funcionamiento



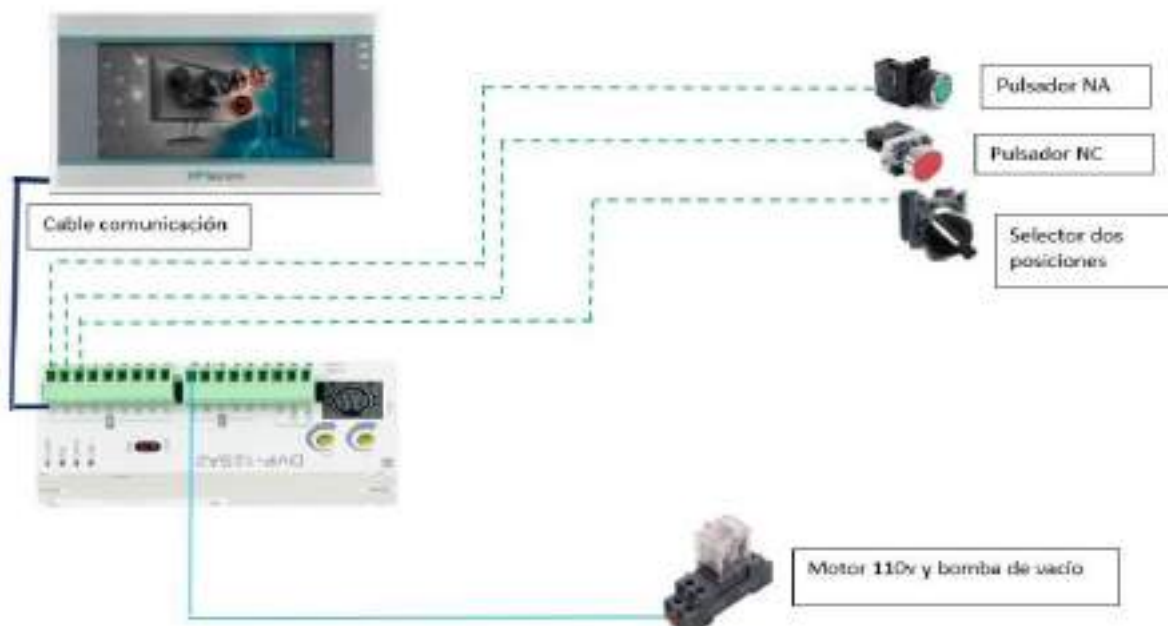
Fuente: Propia

### 3.3.2 NECESIDADES DEL PERSONAL DE LA HICENDA SOBRE EL ORDEÑO

Las necesidades de una persona que pasa del ordeño manual al ordeño automatizado incluyen capacitación técnica, supervisión del sistema, mantenimiento preventivo, seguridad, optimización del tiempo y manejo de información para garantizar la eficiencia y el bienestar de los animales.

A continuación, se muestra un diagrama de los equipos requeridos para llevar a cabo la automatización del sistema de ordeño. (Figura 30)

**Figura 30.** Equipos necesarios para la automatización.



*Fuente: Propia*

### 3.3.3 PARAMETROS DE PROGRAMACION

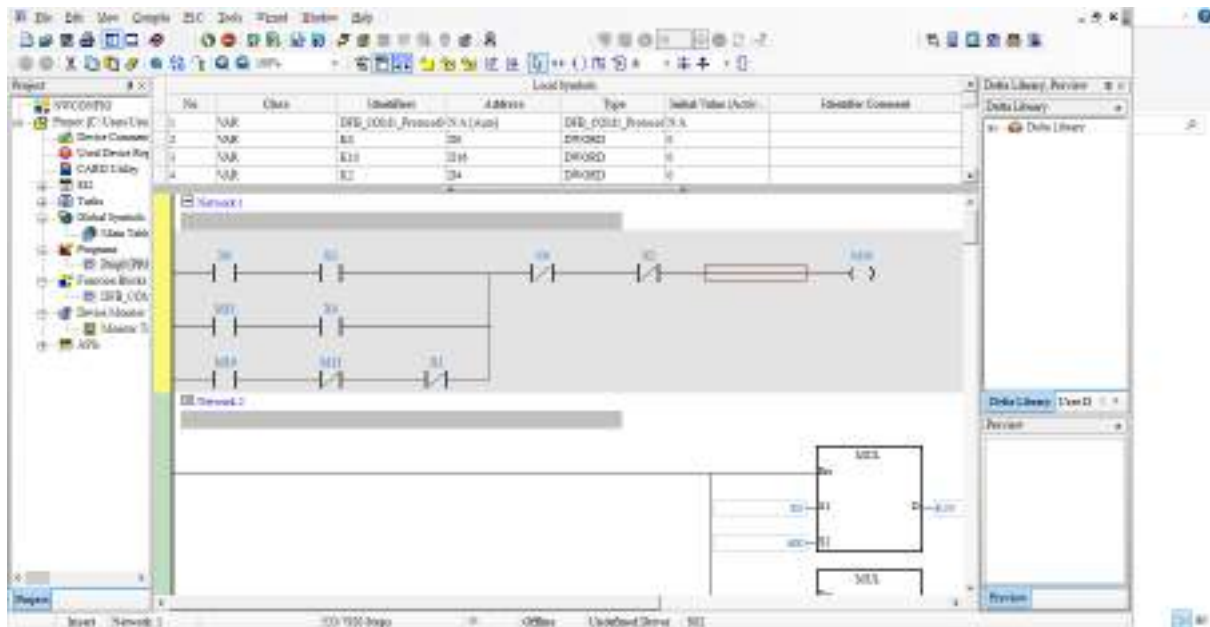
Son los valores y configuraciones establecidos en el PLC y HMI que regulan el tiempo de succión, presión de vacío, secuencia de pulsado, detección de leche, limpieza, seguridad y registro de datos, garantizando un ordeño eficiente, seguro y controlado.

### 3.3.4 CONDICIONES DEL SISTEMA DE ORDEÑO AUTOMATIZADO

Para las condiciones del sistema de ordeño automatizado vamos a tener el modo de trabajo automatizado y manual que se podrá visualizar en la pantalla HMI.

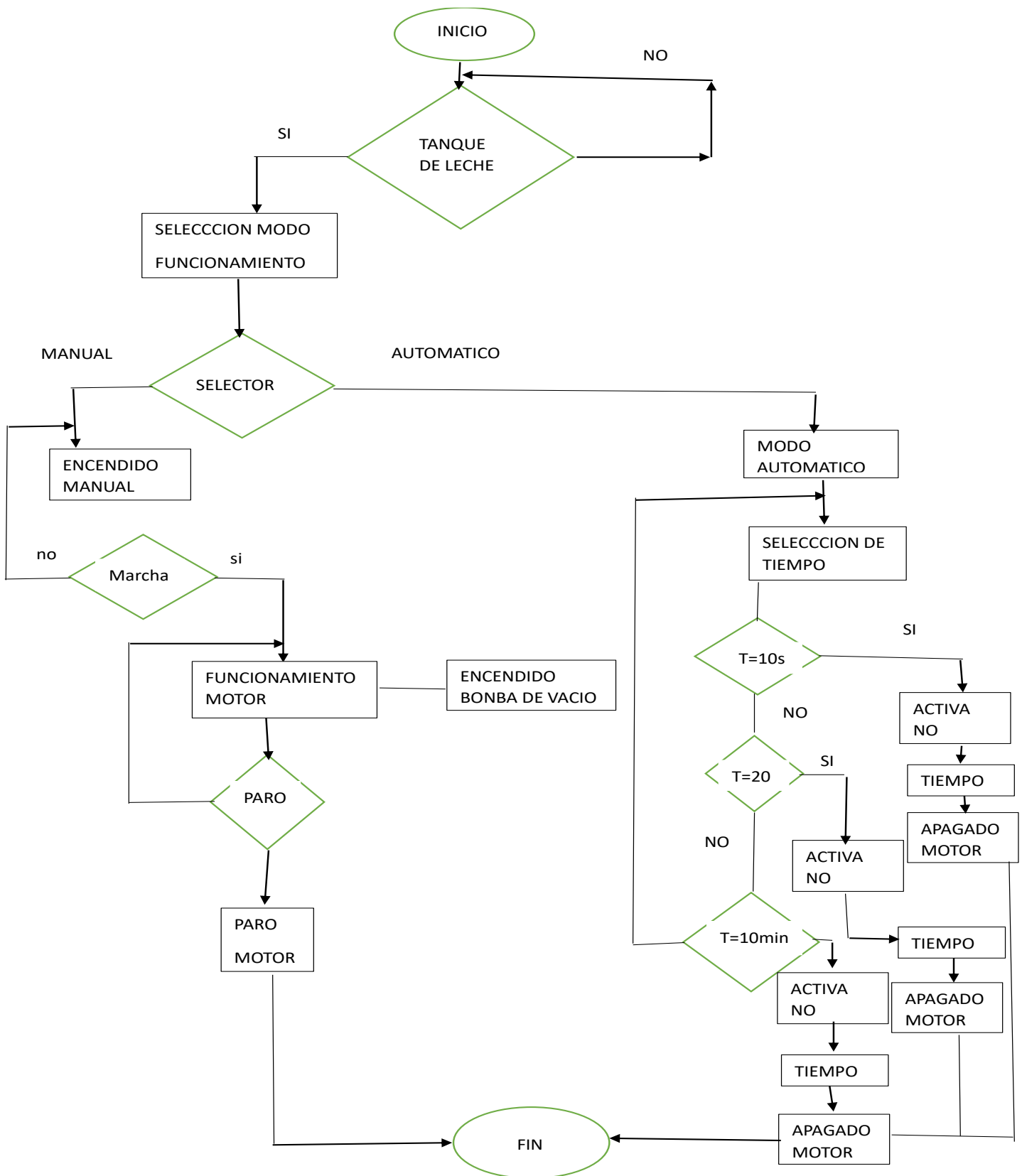
### 3.3.5 SISTEMA DE ORDEÑO AUTOMATIZADO

Funcionará de acuerdo a la programación Ladder que se realizó en el software del PLC Model DVP-14SS2. (Figura 31)

**Figura 31. Programación Ladder**

Fuente: Propia

**Figura 32. Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema**



Fuente: Propia

Figura 33. Ajuste de parámetros y condiciones.



Fuente: Propia

Figura 34. Configuración de parámetros y estados



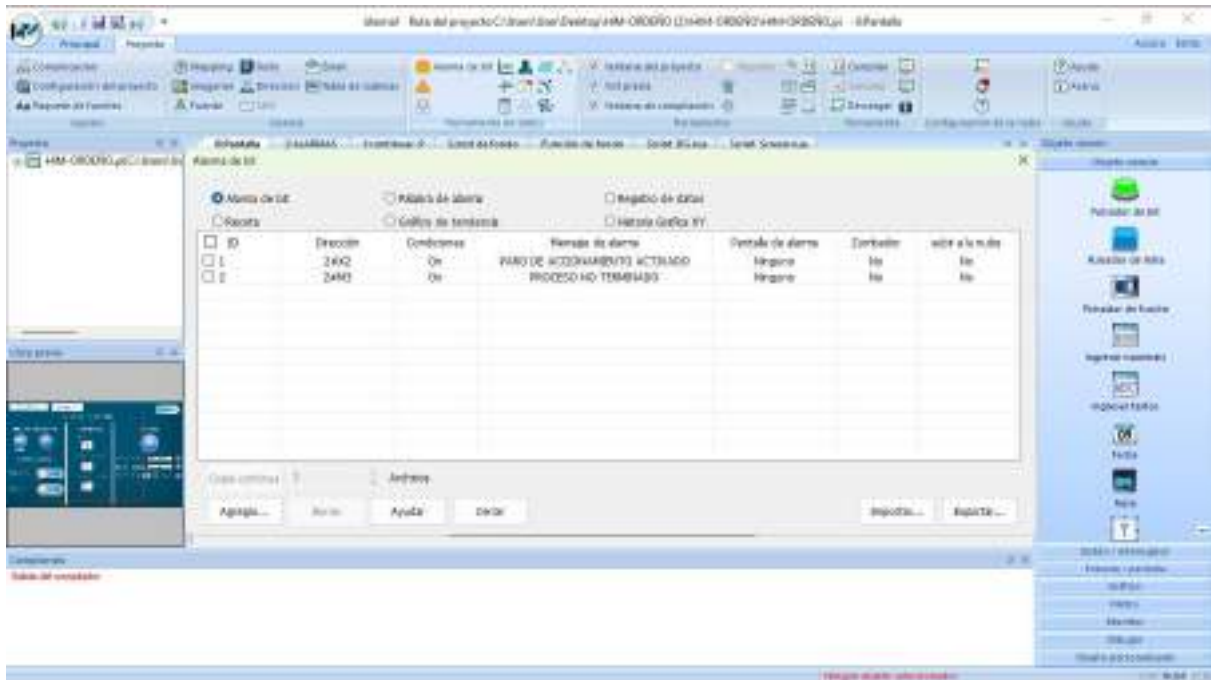
Fuente: Propia

Figura 35. Configuración de parámetros y estados



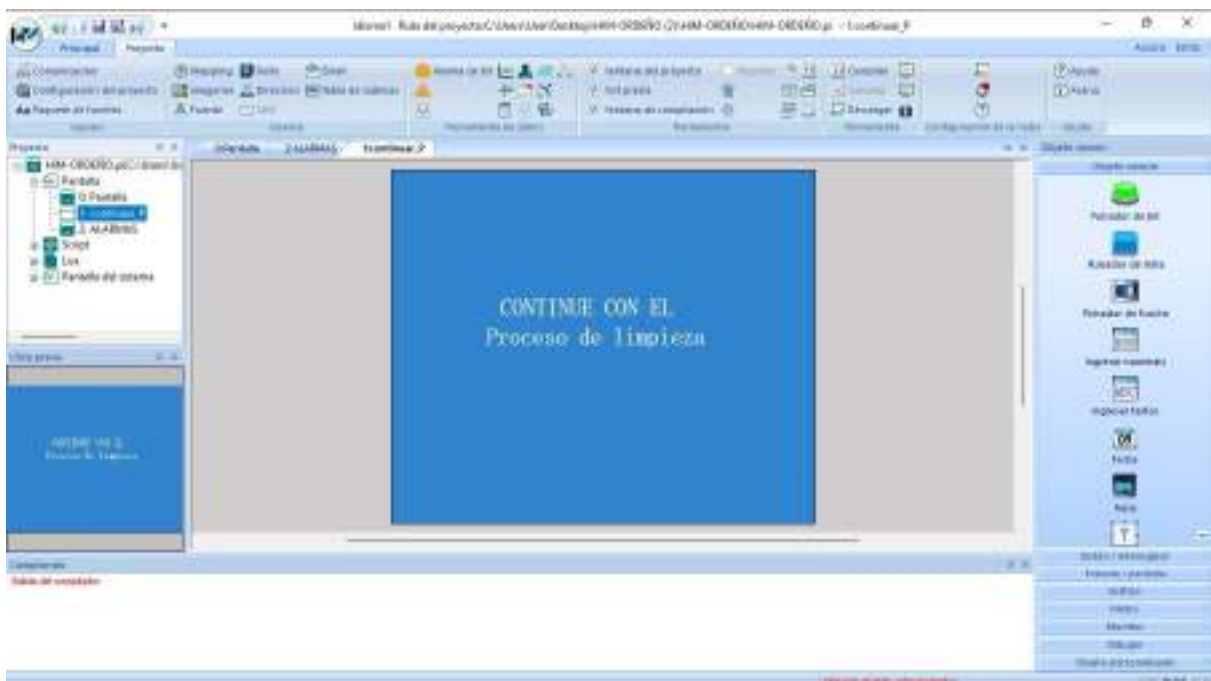
Fuente: Propia

**Figura 36.** Configuración de parámetros y estados

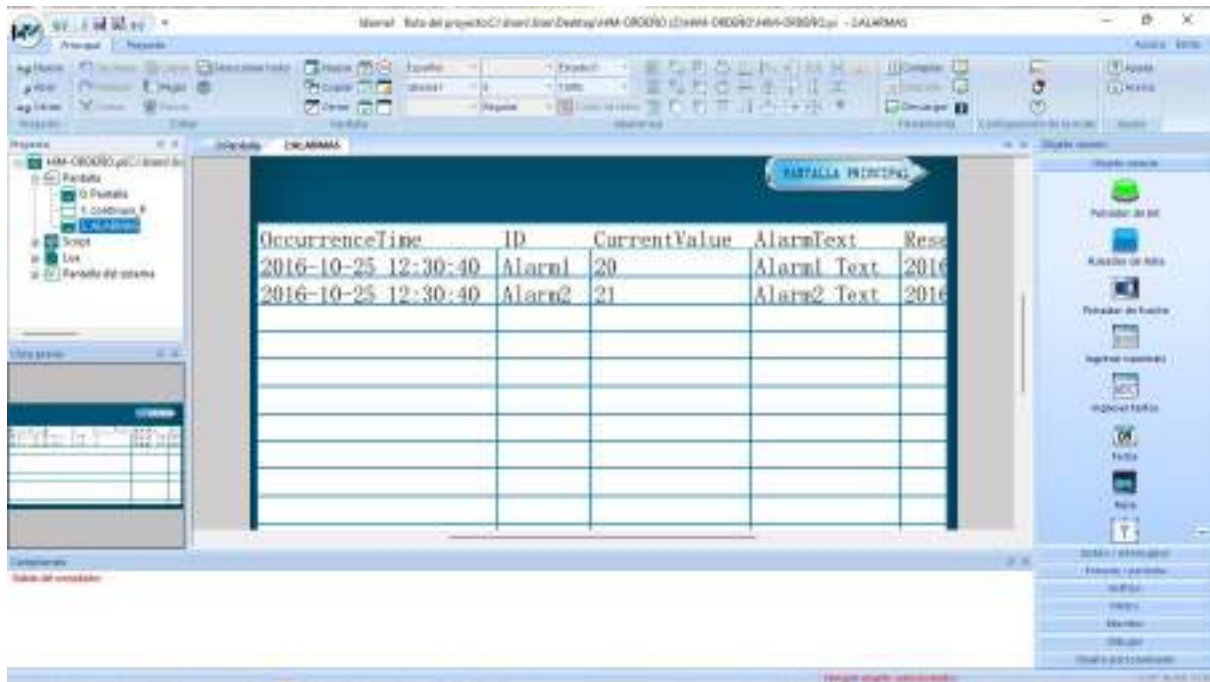


*Fuente: Propia*

**Figura 37.** Configuración de parámetros y estados



*Fuente: Propia*

**Figura 38.** Alarmas pantalla HMI

OccurrenceTime	ID	CurrentValue	AlarmText	Rese
2016-10-25 12:30:40	Alarm1	20	Alarm1 Text	2016
2016-10-25 12:30:40	Alarm2	21	Alarm2 Text	2016

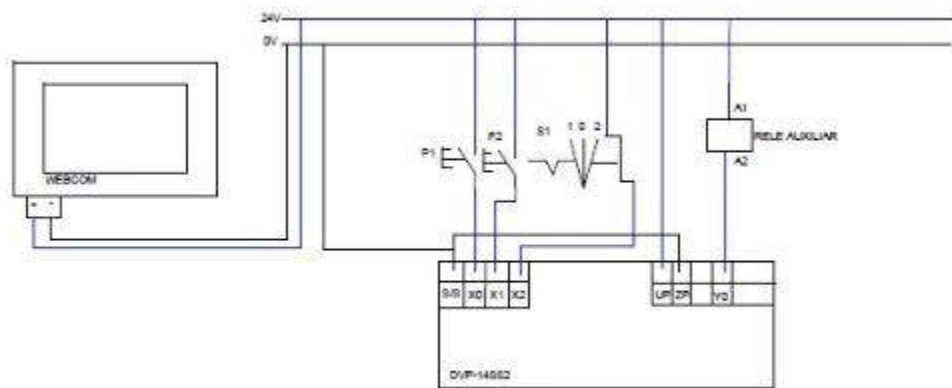
*Fuente: Propia*

### 3.3.6 SISTEMA DE ORDEÑO MANUAL

El personal de ordeño podrá activar y desactivar el sistema durante el tiempo en el que necesite succionar la leche de la vaca por medio de los pulsadores on/off todo esto se podrá visualizar de igual forma en la pantalla HMI.

### 3.3.7 DIAGRAMA DE CONTROL Y FUERZA DEL MODULO

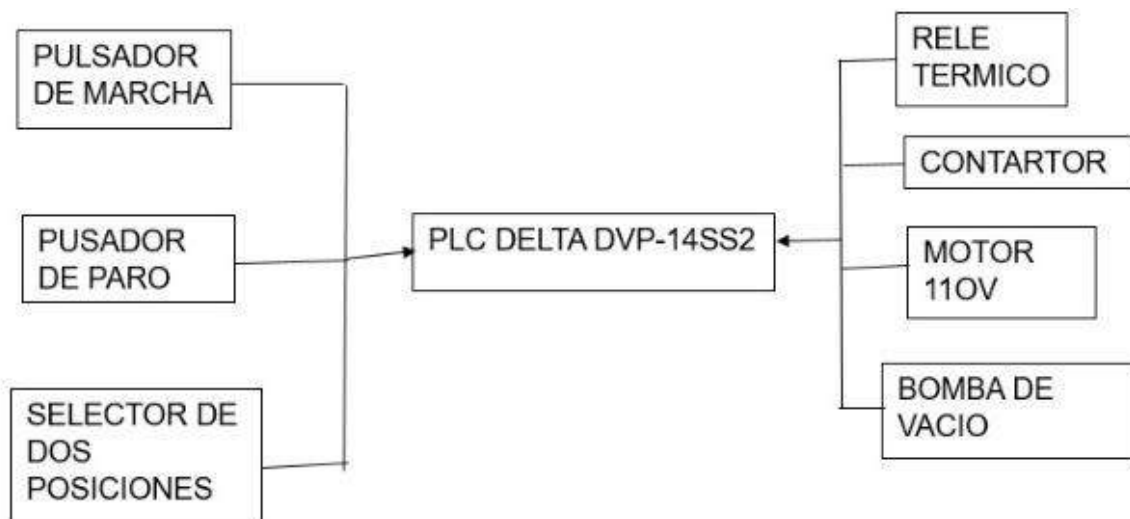
**Figura 39.** Diagrama de control y fuerza



*Nota.* La imagen se obtuvo del desarrollo de la simulación, hecha por los autores.

### 3.3.10 Diagrama funcional del sistema de automatización del sistema

**Figura 40.** Diagrama funcional del sistema de automatización



*Fuente: Propia*

### 3.3.11 Programación de la pantalla HMI WECON PI3070IG

Figura 41. Pantalla Principal



Fuente: Propia

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS




#### 4.1 Pruebas y resultados

Durante las pruebas realizadas al sistema de ordeño automatizado, se evaluó el funcionamiento integral del programa implementado en el PLC y su interacción con la pantalla HMI.

**TABLA 6.** *Funcionamiento de los equipos utilizados.*

ITEM	EQUPO	IMAGEN	FUNCIONAMIENTO	
			CORRECTO	INCORRECTO
1	TABLERO DE CONTROL		X	
2	PLC		X	
3	HMI WECON		X	
4	PULSADORES		X	

5	JUEGO COLECTOR		X	
6	MANGUERAS DE ORDEÑO		X	
7	REGULADOR DE PRESION		X	
8	LLAVES DE PASO		X	
9	TAPA DE ALCANTARA		X	
10	ALCANTARA DE 30L		X	

11	VACUOMETRO		X	
12	VASO LUBRICADOR		X	
13	BOMBA DE VACIO		X	

**Nota:** El sistema está se encuentra óptimas condiciones y funcionando.

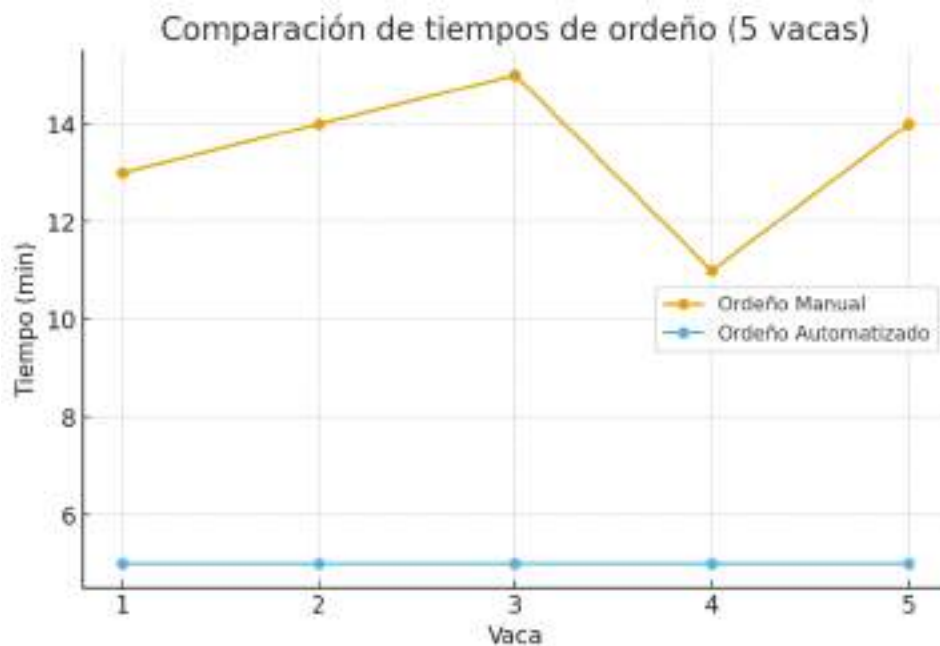
**Tabla 7.** Prueba de tiempos de ordeño

Se realizo una semana de prueba en los cuales se utilizó 1 vaca diarias obteniendo los siguientes resultados:

Dia	Vaca	Tiempo manual (min)	Tiempo automatizado (min)	Ahorro por vaca (min)
Lun	1	13 min	5 min	8 min
Mar	1	14 min	5 min	9 min
Mier	1	15 min	5 min	10 min
Juev	1	11 min	5 min	6 min
Vier	1	14 min	5 min	9 min
Sab	1	16 min	5 min	11 min
Dom	1	13 min	5 min	8 min

*Fuente: Propia*

**Figura 42.** Comparación de tiempos de ordeño



*Fuente: Propia*

El objetivo fue comprobar que las secuencias de inicio, operación y paro del ordeño se ejecutaran de forma correcta, utilizando entradas manuales para simular las señales de activación.

En todas las pruebas se observó que el PLC ejecutó de manera precisa las órdenes programadas, controlando los actuadores según la lógica establecida. La interfaz HMI facilitó la supervisión y el control del proceso, permitiendo al operador activar o detener el ordeño desde la pantalla y visualizar el estado de los componentes en tiempo real.

En conclusión, el sistema respondió correctamente a todas las simulaciones realizadas, cumpliendo con los tiempos de operación establecidos y garantizando el control total del proceso desde el PLC y la HMI. Esto confirma que la programación y el diseño cumplen con los requerimientos planteados, y que el sistema es funcional y escalable para futuras mejoras.

Las pruebas que se realizaron en el presente proyecto se establecieron de acuerdo a los alcances planteados en los diferentes equipos del sistema para verificar su correcto funcionamiento.

## 4.2 Presupuesto

**TABLA 8.** *Inversión sistema de ordeño*

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	PLC	UNIDAD	1	\$ 129,90	\$ 129,90
2	PANTALLA HMI WECON	UNIDAD	1	\$ 255,36	\$ 255,36
3	TRANSFORMADOR	UNIDAD	1	\$ 53,90	\$ 53,90
4	PULSADOR	UNIDAD	1	\$ 93,00	\$ 93,00
5	JUEGO COMPLETO DE COLECTOR	UNIDAD	1	\$ 160,00	\$ 160,00
6	MANGUERAS DE ORDEÑO COMPLETAS	UNIDAD	1	\$ 55,00	\$ 55,00
7	REGULADOR DE PRESION	UNIDAD	1	\$ 25,00	\$ 25,00
8	LLAVES DE PASO	UNIDAD	1	\$ 7,00	\$ 7,00
9	TAPA DE ALCANTARA	UNIDAD	1	\$ 70,00	\$ 70,00
10	ALCANTARA 30 L	UNIDAD	1	\$ 130,00	\$ 130,00
11	VACUOMETRO	UNIDAD	1	\$ 25,00	\$ 25,00
12	VASO LUBRICADOR	UNIDAD	1	\$ 90,00	\$ 90,00
13	BOMBA DE VACIO	UNIDAD	1	\$ 850,00	\$ 850,00
14	MOTOR	UNIDAD	1	\$ 280,00	\$ 280,00
15	SELECTOR	UNIDAD	1	\$ 2,50	\$ 2,50
16	TABLERO DE CONTROL	GLOBAL	1	\$ 30,00	\$ 30,00
17	CABLES ELECTRICOS	GLOBAL	1	\$ 12,00	\$ 12,00
18	RELE TERMICO	UNIDAD	1	\$ 2,00	\$ 2,00
19	GUARDAMOTOR	UNIDAD	1	\$ 15,00	\$ 15,00
				SUBTOTAL	\$2.285,66
				IVA 15%	\$ 342,85
				TOTAL	\$2.628,51

*Fuente: Propia*

#### 4.3 Ventajas y desventajas entre ordeño manual y ordeño automatizado.

TABLA 9. Ventajas y desventajas entre ordeño manual y automatizado

Aspecto	Ordeño manual	Ordeño automatizado
<b>Inversión</b>	No requiere equipos costosos.	Requiere PLC, HMI, bombas de vacío, sistemas de pulsación, etc.
<b>Mano de obra</b>	Necesita más personal, esfuerzo físico elevado.	Menor necesidad de mano de obra directa, supervisión más técnica.
<b>Tiempo de ordeño</b>	Más lento, especialmente con varios animales.	Más rápido, optimiza el tiempo por vaca y por lote.
<b>Higiene y calidad de la leche</b>	Mayor riesgo de contaminación por contacto directo con las manos y el ambiente.	Mejor higiene, menor contacto humano, mayor control sanitario.
<b>Producción de leche</b>	Variable, depende de la habilidad del ordeñador.	Más constante y eficiente, estimula mejor la bajada de leche.
<b>Bienestar animal</b>	Puede generar incomodidad si la técnica no es adecuada.	Proporciona mayor confort con rutinas uniformes y controladas.
<b>Mantenimiento</b>	Solo limpieza de utensilios.	Requiere mantenimiento preventivo de equipos.
<b>Durabilidad del sistema</b>	Limitada, depende de la fuerza humana.	Larga vida útil si se realiza buen mantenimiento.

*Fuente: Propia*

#### 4.4 Impacto económico

El impacto económico de la automatización del ordeño se manifiesta en la reducción de los costos operativos debido a la menor dependencia de mano de obra, el aumento de la productividad al permitir ordeños más frecuentes y eficientes, y la recuperación de la inversión inicial en un plazo estimado de 3 a 5 años, convirtiendo esta tecnología en una opción rentable y sostenible para el sector lácteo.

#### 4.5 Impacto social y ambiental

El efecto ambiental y social de la automatización del ordeño se refleja en un uso más racional y eficiente de recursos como el agua y la energía, la posibilidad de incorporar fuentes renovables como paneles solares, la mejora de las condiciones laborales al reducir el esfuerzo físico y los riesgos de contaminación, y la capacitación del personal en nuevas competencias técnicas, lo que fortalece tanto la productividad como el bienestar de la comunidad vinculada al sector agropecuario.

#### 4.6 Limitaciones del proyecto

Las principales limitaciones del proyecto de ordeño automatizado son el alto costo inicial de implementación que dificulta su adopción en haciendas pequeñas, la dependencia de una fuente de energía eléctrica estable, la necesidad de capacitar al personal para el manejo de la tecnología y la obligación de contar con mantenimiento técnico especializado, lo cual puede representar un desafío en zonas rurales de difícil acceso.

#### 4.7 Conclusiones

1. Se logró investigar y comprender los principios técnicos de los sistemas de ordeño mecánico y su integración con tecnologías de automatización como PLC y HMI, estableciendo criterios claros de diseño para la implementación del sistema en la hacienda.
2. Se identificaron las debilidades y limitaciones del ordeño manual en la Hacienda San Antonio de Valencia, incluyendo tiempos elevados de ordeño y riesgos de contaminación, lo que permitió justificar técnicamente la necesidad de automatización.
3. Se implementó exitosamente un sistema de ordeño mecánico automatizado con PLC y HMI, adaptado a las condiciones reales de la hacienda, mejorando la eficiencia y reduciendo la carga de trabajo del personal.
4. Las pruebas realizadas confirmaron que el sistema responde correctamente a distintos escenarios operativos, asegurando el control total del proceso de ordeño y la interacción efectiva entre el operario y la HMI.

5. Se establecieron conclusiones técnicas y recomendaciones que permiten optimizar el funcionamiento del sistema, incluyendo mantenimiento, capacitación del personal y posibles ampliaciones futuras para mejorar la productividad y calidad del ordeño.

#### 4.8 Recomendaciones

1. Se recomienda que el personal encargado del manejo del sistema de ordeño automatizado reciba una capacitación periódica y especializada en el uso del PLC y la HMI, así como en el mantenimiento básico de los equipos. Esto no solo garantizará un uso adecuado del sistema, sino que también permitirá a los operarios identificar y resolver de manera oportuna fallas menores, evitando la paralización innecesaria del proceso productivo.
2. Implementar de un programa de mantenimiento preventivo, con el fin de asegurar la durabilidad y el correcto funcionamiento del sistema, se aconseja establecer un plan de mantenimiento preventivo que incluya revisiones periódicas de conexiones eléctricas, calibración de equipos, limpieza de mangueras y verificación del estado del colector y demás componentes mecánicos. Este mantenimiento debe realizarse siguiendo un cronograma definido y documentado, minimizando el riesgo de averías y paradas no programadas.
3. Se recomienda considerar, en futuras mejoras, la instalación de un sistema de paneles solares para la alimentación eléctrica del sistema de ordeño automatizado. Esta alternativa resulta especialmente beneficiosa en zonas rurales o de difícil acceso, donde el suministro eléctrico convencional es limitado o inexistente. La energía solar, además de ser una fuente renovable y sostenible, permitiría garantizar la continuidad de las operaciones, reducir costos a largo plazo y disminuir la dependencia de la red eléctrica, contribuyendo así a la autonomía energética y a la reducción del impacto ambiental del proceso productivo

4. Para futuras mejoras, se sugiere integrar sensores de flujo y volumen de leche que permitan medir y registrar automáticamente la producción por vaca. Estos datos podrían almacenarse en la memoria del sistema o en una base de datos externa, facilitando un análisis estadístico para optimizar el manejo del ganado y la planificación de la producción lechera.

5. Se recomienda que, a partir de los resultados obtenidos, se realice un estudio de factibilidad para ampliar la capacidad del sistema a más puestos de ordeño, manteniendo la estructura de control centralizada en el PLC y la supervisión mediante HMI. Esto permitiría atender un mayor número de animales de forma simultánea, incrementando la productividad sin sacrificar la calidad ni la seguridad del proceso.

## 5. Bibliografía

- Automatic milking. (s. f.). *Wikipedia*, [https://en.wikipedia.org/wiki/Automatic\\_milking](https://en.wikipedia.org/wiki/Automatic_milking)
- Equipo Editorial INTAGRI. (s. f.). *Ordeño mecánico*. <https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/orde%C3%B1o-mecanico>
- INTAGRI. (2020). *Ordeño mecánico* (Artículos técnicos de INTAGRI, núm. 48). <https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/orde%C3%B1o-mecanico>
- YouTube. (s. f.). *SISTEMA AUTOMÁTICO DE ORDEÑO: Ventajas y Beneficios* [Video]. [https://www.youtube.com/watch?v=S2omK\\_Kf5vo](https://www.youtube.com/watch?v=S2omK_Kf5vo)
- SenseHub. (15 de julio de 2024). *Ordeño automatizado*. <https://mx.sensehub.com/2024/07/15/ordeno-automatizado/>

- Obando Villarreal, C. A. (2011). *Sistema de ordeño automatizado con registro inalámbrico de la producción lechera. Informe técnico*. Universidad Técnica del Norte.  
<https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/1049>
- Autor(es). (Año). Título del documento. *Universidad de San Buenaventura*.  
<http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/64634.pdf>
- Elsevier. (s. f.). *Automatic milking systems*. En ScienceDirect Topics.  
<https://www.sciencedirect.com/topics/food-science/automatic-milking-systems>
- DeLaval. (s. f.). *Uso de extracción automática en equipos de ordeño*.  
<https://www.delaval.com/es-co/delaval-al-dia/noticias-delaval/uso-de-extraccion-automatica-en-equipos-de-ordeno/>
- YouTube. (s. f.). Cap 85 - *Ordeño Mecánico (rutina) #manualpracticoganadero [Video]*.  
<https://www.youtube.com/watch?v=JnPDae7Sh8I>
- Agrotendencia TV. (s. f.). *Ordeño: máquinas, equipos, salas, ventajas y desventajas*. <https://agrotendencia.tv/ganaderia/ordeno-maquinas-equipos-salas-ventajas-y-desventajas/>
- Ordeño. (s. f.). *Wikipedia*.  
<https://es.wikipedia.org/wiki/Orde%C3%B1o>

- Universo de la Salud Animal. (s. f.). *El uso de tecnología de alta automatización en la sala de ordeño de vacas.*  
<https://www.universodelasaludanimal.com/ganaderia/el-uso-de-tecnologia-de-alta-automatizacion-en-la-sala-de-ordeno-de-vacas/>
- Lely. (s. f.). *Soluciones de ordeño.*  
<https://www.lely.com/es/soluciones/ordeno/>
- Ceva Ruminants. (s. f.). *Robot de ordeño.*  
<https://ruminants.ceva.pro/es/robot-de-ordeno>
- Alyans Pulsator. (s. f.). *La importancia de los sistemas de ordeño automático con las tecnologías actuales.*  
<https://alyanspulsator.com/es/blog/detail/la-importancia-de-los-sistemas-de-ordeno-automatico-con-las-tecnologias-actuales>
- Universidad Politécnica de Madrid. (s. f.). *Fundamentos físicos del ordeño* [Material de curso].  
[https://moodle.upm.es/en-abierto/pluginfile.php/541/mod\\_label/intro/tema\\_02-1-fundamentos\\_fisicos\\_del\\_ordeno.pdf](https://moodle.upm.es/en-abierto/pluginfile.php/541/mod_label/intro/tema_02-1-fundamentos_fisicos_del_ordeno.pdf)
- Soluciones Pecuarias CR. (s. f.). *Sistemas de ordeño: todo lo que necesitas saber para mejorar la producción lechera.*  
<https://solucionespecuariascr.com/sistemas-de-ordeno-todo-lo-que-necesitas-saber-para-mejorar-la-produccion-lechera/>
- UGRJ. (s. f.). *Artículo sobre ganadería.*  
[https://www.ugrj.org.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=430](https://www.ugrj.org.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=430)

**FORMATO: SOLICITUD DE INGRESO AL PROCESO DE TITULACIÓN**

Fecha: 2026-02-02 / 12:47:27

Sr(a).  
VICERRECTOR(A)  
Presente. -

De mis consideraciones:


Yo, QUIMBIULCO LAURA EVELYN CAMILA, portador de la Cédula de Ciudadanía 1728817170 Estudiante de la Carrera de ELECTRICIDAD (PRE) solicito a usted la autorización para ingresar al Proceso de Grado vigente en el semestre SEPTIEMBRE 2025 - FEBRERO 2026, mediante:

- 1. Trabajo de Titulación
- 2. Examen Complexivo
- 3. Proyecto de Investigación

Adjunto el récord actualizado de notas para constatación de mi actual condición dentro de la Institución.

Por la atención y aprobación que reciba la presente, anticipo mis agradecimientos.

Atentamente,



QUIMBIULCO LAURA EVELYN CAMILA  
Correo: evelynquimbilco07@hotmail.com  
Teléfono: /0997614630

**ISU** CENTRAL  
TÉCNICO  
INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO CENTRAL TÉCNICO  
VICERRECTOR(A)



- Corporación Montana. (s. f.). *Estrategias contra el estrés y la mastitis en vacas lecheras.*

<https://www.corpmontana.com/m-conecta/ganaderia/estrategias-contra-el-estres-y-la-mastitis-en-vacas-lecheras/>


## 6. Anexos

## 6.1 Ficha técnica del controlador lógico programable


### • ENGLISH •

Thank you for choosing Delta DVP-SS2 series PLCs. DVP-SS2 series PLCs include one 12-point PLC, two 14-point PLCs, and three 28-point PLCs. A DVP-SS2 series PLC provides various instructions, and the size of the program memory in it is 8k steps. It is able to connect to all DVP-S series extension modules, including digital I/O (max. 480 I/O points) and analog modules (for A/D, D/A conversion and temperature measurement). 4 groups of high-speed (10kHz) pulse output satisfy all kinds of applications. DVP-SS2 is small in size, and can be installed easily. Users do not have to install any batteries in DVP-SS2 series PLCs. The PLC programs and the latched data are stored in the flash memories.

EN ✘ DVP-SS2 is an OPEN-TYPE device. It should be installed in a control cabinet free of airborne dust, humidity, electric shock and vibration. To prevent non-maintenance staff from operating DVP-SS2, or to prevent an accident from damaging DVP-SS2, the control cabinet in which DVP-SS2 is installed should be equipped with a safeguard. For example, the control cabinet in which DVP-SS2 is installed can be unlocked with a special tool or key.

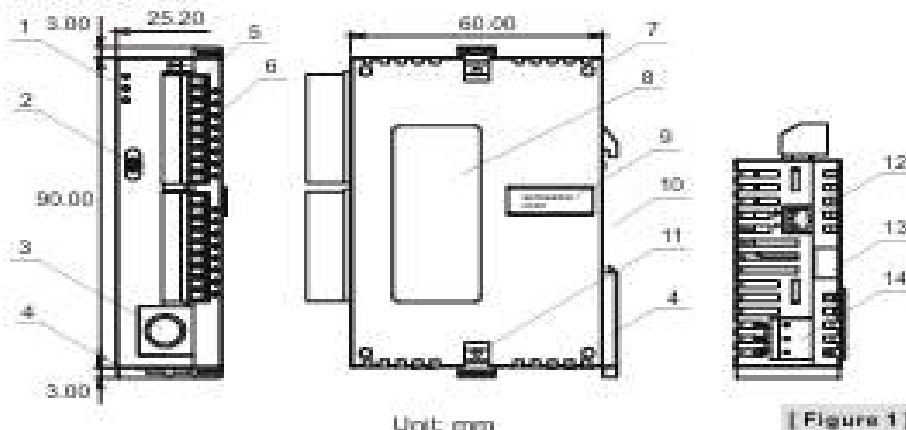
EN ✘ DO NOT connect AC power to any of I/O terminals, otherwise serious damage may occur. Please check all wiring again before DVP-SS2 is powered up. After DVP-SS2 is disconnected, Do NOT touch any terminals in a minute. Make sure that the ground terminal  on DVP-SS2 is correctly grounded in order to prevent electromagnetic interference.

FR ✘ DVP-SS2 est un module OUVERT. Il doit être installé que dans une enceinte protectrice (boîtier, armoire, etc.) saine, dépourvue de poussière, d'humidité, de vibrations et hors d'atteinte des chocs électriques. La protection doit éviter que les personnes non habilitées à la maintenance puissent accéder à l'appareil (par exemple, une clé ou un outil doivent être nécessaire pour ouvrir a protection).

FR ✘ Ne pas appliquer la tension secteur sur les bornes d'entrées/Sorties, ou l'appareil DVP-SS2 pourra être endommagé. Merci de vérifier encore une fois le câblage avant la mise sous tension du DVP-SS2. Lors de la déconnection de l'appareil, ne pas toucher les connecteurs dans la minute suivante. Vérifier que la terre est bien reliée au connecteur de terre  afin d'éviter toute interférence électromagnétique.

### ■ Product Profile & Dimension

#### A. DVP12SS2/14SS2



1. POWER, RUN, ERROR indicator	8. Nameplate
2. RUN/STOP switch	9. Extension port
3. I/O port for program communication (RS-232)	10. DIN rail mounting slot (35mm)
4. DIN rail clip	11. Extension unit clip
5. I/O terminals	12. RS-485 communication port
6. I/O point indicator	13. Mounting rail for extension module
7. Mounting hole for extension module	14. DC power input

## 6.2 Ficha técnica de la pantalla HMI

Human  
Machine  
Interface

## 7" HMI PI3070ig



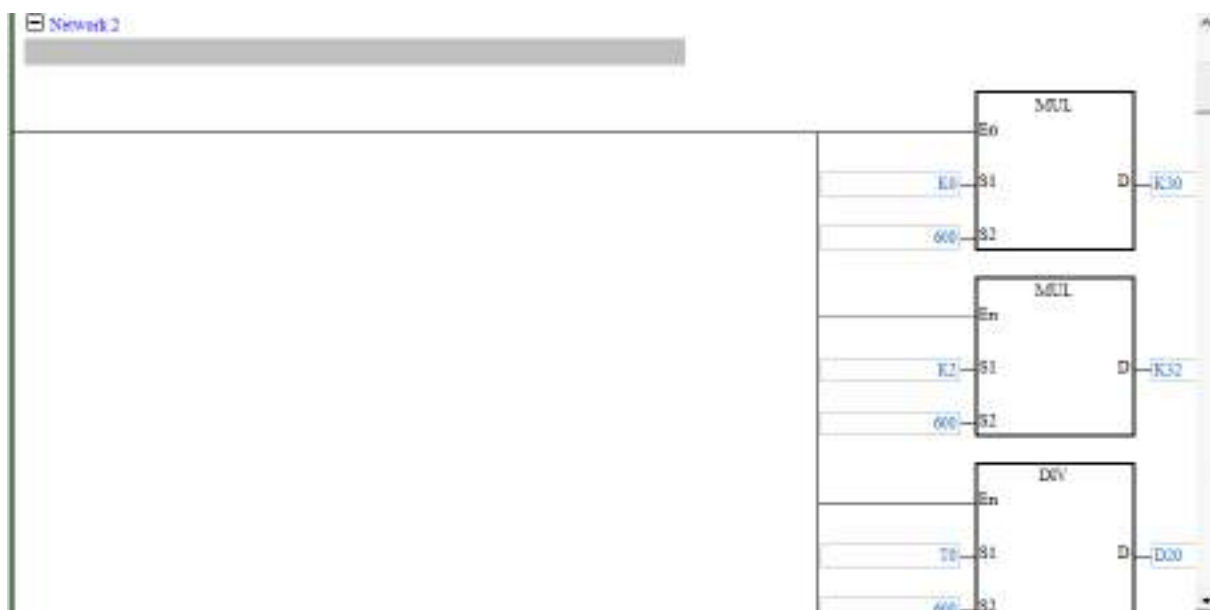
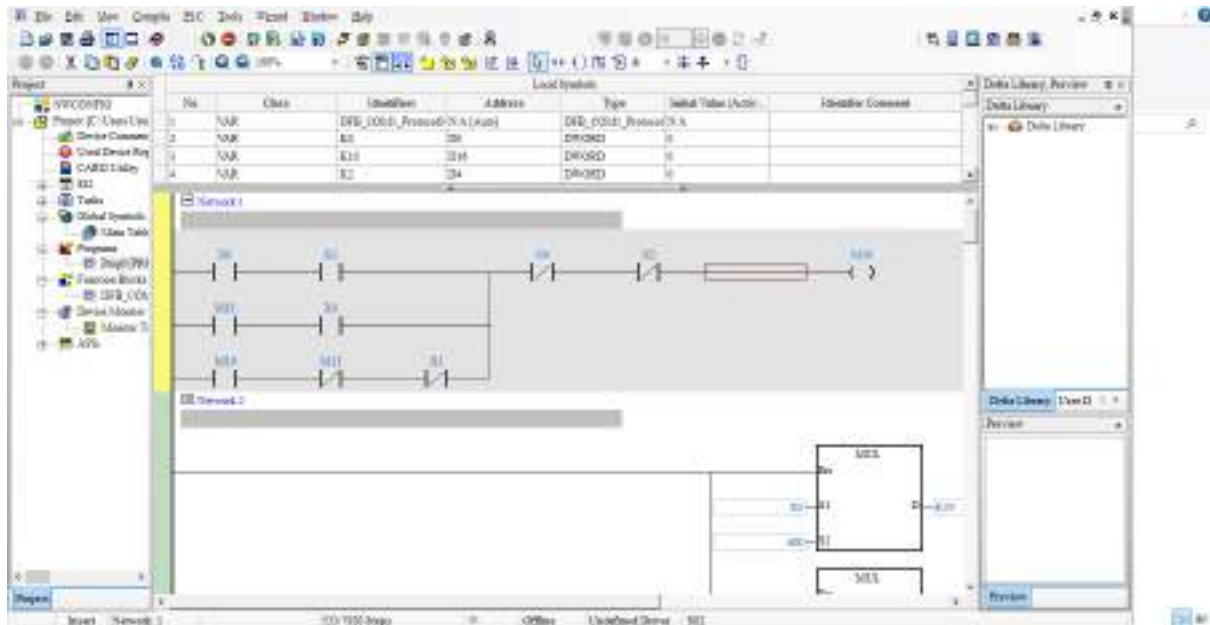
Model	V-HMI Functions												
	Reception Date	Alarm Date	History Date	APP & Remote Control	Remote Update HW	W/P/W	Cloud SCADA	Pass-through	Open Cloud Mode	MQTT	Lua Script	LAN Monitoring	4G / WiFi
PI3070ig	X	X	X	✓	✓	✓	X	Serial	✓	✓	✓	✓	X
PI3070ig (G)	X	X	X	✓	✓	✓	X	Serial	✓	✓	✓	✓	4G
PI3070ig (AG)	X	X	X	✓	✓	✓	X	Serial	✓	✓	✓	✓	4G (local)
PI3070ig (W)	X	X	X	✓	✓	✓	X	Serial	✓	✓	✓	✓	WiFi
PI3070ig-C	100	20	50	✓	✓	✓	✓	Serial	✓	✓	✓	✓	X
PI3070ig-C(S)	100	20	50	✓	✓	✓	✓	Serial	✓	✓	✓	✓	4G
PI3070ig-C(AG)	100	20	50	✓	✓	✓	✓	Serial	✓	✓	✓	✓	4G (local)
PI3070ig-C (W)	100	20	50	✓	✓	✓	✓	Serial	✓	✓	✓	✓	WiFi
PI3070ig-D	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	✓	✓	X

## SPECIFICATIONS

Main	OS	Linux 4.4.0 QT based
Display	Processor	Cortex A35 1.2GHz
	Size	7"
	Screen	TFT
	Resolution	800*480
	Color	16,000k colors
	Brightness (cd/m2)	250
	Backlight	LED
	Backlight Lifetime	50,000 hours
Storage	Touch Panel	High precision four-wire resistive
	Memory	128 MB
	Flash	128 MB
	SD Card Slot	YES
RTC	USB Port	USB2.0 Host + USB2.0 Client
	Real-time clock	Yes
IO Port	Calendar	Yes
	COM1	CN1: RS422/RS485 CN2: RS232 CN3: RS485
	COM2	-
	COM3	-
	Ethernet	x1
	CANopen	-
	Power	Rated Power
Enclosure	Power Voltage	DC 24V
	Input range	DC 12 ~ 28V
	Shell Color	Grey
	Shell Material	Plastic+ABS (Polycarbonate)
Environment	Overall Size (mm)	201.2W*147.2H*38.3D
	Mounting Size (mm)	182.0W*138.0H
	Mounting Method	Panel Mount
	Weight (Kg)	0.62
	Working Temperature	-10 ~ 55°C
Software	Storage Temperature	-20 ~ 70°C
	Humidity	10 ~ 90 % RH (Non-condensing)
	Vibration Resistance	10 ~ 25 Hz (X, Y, Z direction 20/30 minutes)
	Coding	A/1 Coding
	Programming	PL Studio
	Remote Access	YES
Certification	Email Alarm	-
	IP Camera	-
	Audio Output	-
	Video Player	-
	Data Tool	Yes
	IP Code	IP65 (Front panel)
	CE	CE Marked
FCC	FCC Class A	



### 6.3 Programación del sistema Ladder



### 6.4 Manual de instrucción para la utilización del sistema de ordeño automatizado

# Manual de Instrucciones

## Sistema de Ordeño Mecánico Automatizado



### Preparación inicial

- Verificar que todos los componentes (pulsadores, puñales, tuberías, colector, pezoneras y tanque de leche) estén limpios y correctamente conectados antes de ser usados.
- Encender el equipo principal y esterilizarlo.
- Revisar el nivel de agua del sistema recomendado (40-50 kPa).



### Conexión eléctrica

- Conectar el sistema a la red eléctrica (10V) mediante guardamotor y transformador de protección.
- Encender el guardamotor para habilitar el paso de corriente.



### Encendido del sistema

- Activar el interruptor principal al encender la bomba de vacío.
- Esperar 10 a-15 segundos hasta que se establezca la presión recomendada (40-50 kPa).



### Colocación del equipo de ordeño

- Tomar el juego de pezones y colocarlo en cada pezón de la vaca.
- Probar que las pezoneras estén bien ajustadas para evitar fugas de aire mediante el sistema neumático.



### Proceso de ordeño

- Supervisar que no haya interrupciones al tanque colector.
- Verificar con cuidado las pezoneras de fugas en las hayeras.
- El ordeño dura aproximadamente 5 minutos por vaca (dependiendo del tipo de vaca).



### Finalización del ordeño

- Cerrar la válvula de vacío, cerrar el equipo mecánico.
- Apagar con cuidado el equipo principal y el guardamotor.
- Desconectar el sistema de la red eléctrica.



### Limpieza y mantenimiento

- Lavar las pezoneras, colector y tuberías con agua tibia y detergente especial para equipos de ordeño mecánico.
- Realizar un enjuague final con agua limpia y desinfecta.